

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Stipe Škojo

ANALIZA LOGISTIČKIH PROCESA NA PRIMJERU
TVRTKE MLINAR
ZAVRŠNI RAD

ZAGREB, 2016.

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

**ANALIZA LOGISTIČKIH PROCESA NA PRIMJERU
TVRTKE MLINAR
ZAVRŠNI RAD**

Mentor: dr.sc.Diana Božić

Student: Stipe Škojo; 0035172471

Zagreb, 2016.

SADRŽAJ

str.

1.	UVOD	1
2.	ANALIZA SIMULACIJSKIH ALATA S PRIMJENOM U LOGISTICI	2
	2.1. ExtendSim	3
	2.2. FlexSim.....	4
	2.3. ARENA Rockwell	6
	2.4. Delmia Quest	8
	2.5. Usporedba simulacijskih alata	9
3.	KONCEPT IZGRADNJE SIMULACIJSKOG MODELA U ARENA-i	13
	3.1. Pojmovno određenje simulacije.....	13
	3.2. Izrada simulacijskog modela u ARENA alatu.....	16
4.	SIMULACIJSKI MODEL LOGISTIČKIH PROCESA NA PRIMJERU TVRTKE MLINAR (uz primjenu programskog paketa ARENA)	19
	4.1. Profil tvrtke.....	19
	4.2. Logistički procesi u Mlinaru.....	20
	4.2.1. Nabava	20
	4.2.2 Proizvodnja.....	21
	4.2.3. Distribucija	23
	4.2.4. Skladištenje.....	25
	4.4. Izrada modela i simulacija dijela proizvodnog procesa.....	26
	4.5. Analiza performanci logističkih procesa	33
5.	ZAKLJUČAK	36
6.	POPIS LITERATURE	38
7.	POPIS ILUSTRACIJA	39
8.	POPIS TABLICA:	40

1. UVOD

Tvrka Mlinar d.d. je pekarski brend, s mnoštvom maloprodajnih objekata i nekoliko proizvodnih pogona. U ovome radu se govori o logističkim procesima koji se događaju u pozadini njihove primarne djelatnosti prodaje pekarskih proizvoda. U drugom poglavlju se objašnjavaju pojmovi logistika i simulacija i drugi pojmovi koji se nadovezuju.

U trećem se poglavlju opisuje profil tvrtke Mlinar d.d., aktivnosti kojima se tvrtka bavi i logistički procesi same tvrtke. Simulacijsko modeliranje opisano je u četvrtom poglavlju rada. Simulirati određeni sustav je veliki izazov, no kako bi se to postiglo potrebno je poznavati barem osnove simulacijskog modeliranja i metoda koje se koriste prilikom izrade modela. Osim samog uvoda u simulacijsko modeliranje u drugom poglavlju se opisuju neki od simulacijskih alata koji se mogu koristiti za simulacijsko modeliranje. Među simulacijskim alatima je spomenut i alat ARENA u kojem je izrađen model koji opisuje ponašanje određenog procesa unutar tvrtke Mlinar d.d. U samom završetku četvrtog poglavlja se opisuje način izrade simulacijskog modela te pokretanje procesa simulacije istog modela.

Kroz rad je opisano na koje se sve načine simulacija može primjenjivati u logističkim procesima, koliko i na koji način može pridonijeti donošenju odluka tvrtke te prilikom donošenja planova i naravno u izvođenju samih logističkih procesa.

2. ANALIZA SIMULACIJSKIH ALATA S PRIMJENOM U LOGISTICI

Logistika je upravljanje protoka roba, informacija i drugih resursa, uključujući energiju i ljude, između točke proizvodnje i točke potrošnje s ciljem udovoljavanja zahtjevima potrošača.¹ Tako se može spomenuti dostava pošte, sakupljanje otpada, čišćenje snijega i još mnoge druge aktivnosti koje zahtijevaju planiranje izvršenja istih aktivnosti. Prilikom planiranja budućih aktivnosti zahvalno je znati koji su mogući ishodi donošenja određene odluke te iz tog razloga danas se u mnogim poljima logistike koristi simulacija.

Simulacija zahtijeva izradu modela sustava koji će oponašati željeni stvarni sustav ili dio sustava na način da se prilikom izrade simulacijskog modela unose stvarni parametri koji opisuju pojedine procese. Proces stvaranja modela se naziva simulacijsko modeliranje. Simulacijsko modeliranje je učinkovit način da se pokaže kako radnja ili proces djeluje i potiče kreativno razmišljanje o tome kako ga poboljšati. Danas je modeliranje prisutno u svima zanimanjima na jedan ili drugi način, u industriji, raznim ustanovama školama, laboratorijima skraćuju dizajn ciklusa, smanjuju troškove i unapređuju saznanja. Cijeli svijet može se promatrati kao jedna velika cijelina građena od manjih sustava. Sustav je skup povezanih jedinica koje su u interakciji jedna s drugom.² Uspjeh jedne jedinice je zavisn od ponašanja druge jedinice. Logistički procesi su mnogo složeniji kao što su planiranje, proizvodnja, distribucija, nabava i sve druge operacije opskrbnog lanca. Pri izradi simulacijskog modela za složene operacije koristi se više pristupa modeliranju ovisno o potrebi samog procesa. Računalna simulacija nastoji digitalno oponašati prave sustava pomoću računala i specijaliziranih programa. U nastavku se navode neki od alata koji se koriste za simulacije.

¹ Fošner, M., Kramberger, T.: *Teorija grafova i logistika*, 2009.

² Peraković D, Nastavni materijali iz kolegija „Simulacije u prometu“, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2013./2014

2.1. ExtendSim

ExtendSim³ je alat za izradu simulacijskih modela i simuliranje operacijskih procesa. Jednostavan za korištenje, ali iznimno efikasan alat za simuliranje procesa. Pomaže razumijevanju složenih sustava i daje brzo pouzdane rezultate simuliranja.

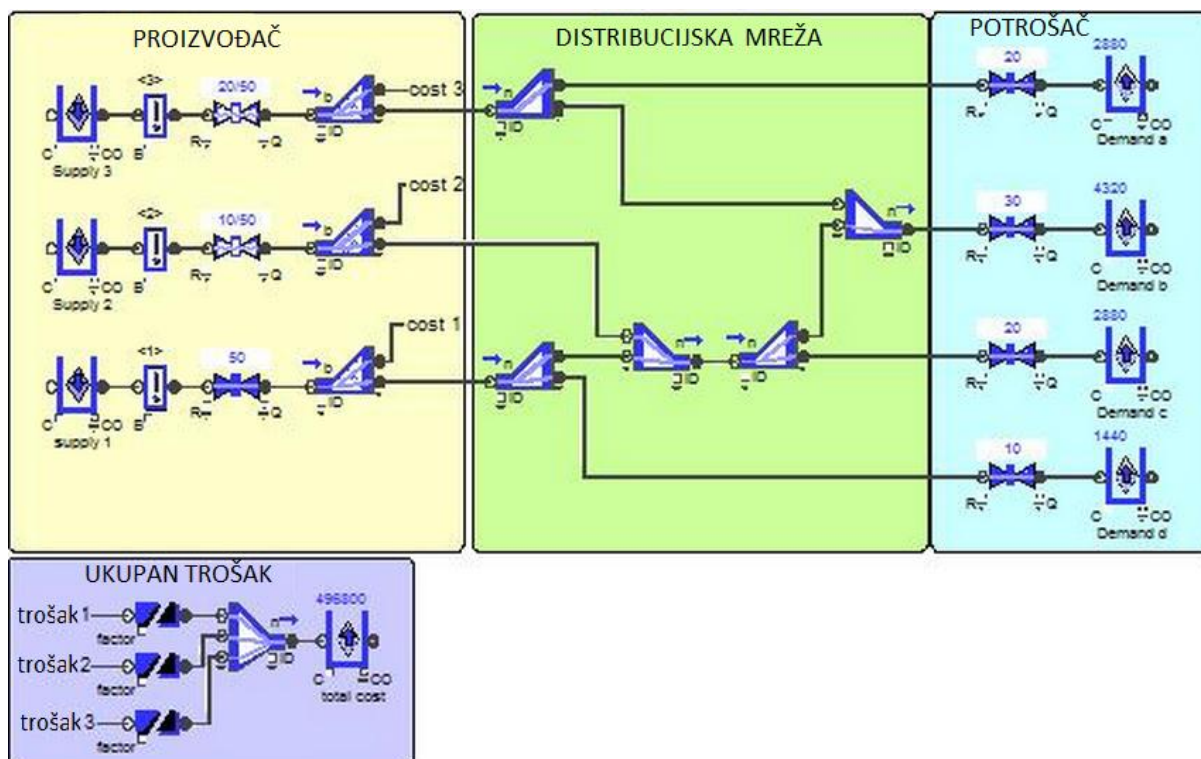
S ExtendSim može se:

- predvidjeti tijek i rezultate pojedinih akcija
- pretpostaviti i potaknuti kreativno razmišljanje
- vizualizirate procese logičnom ili u virtualnom okruženju
- identificirati problematična područja prije provedbe
- istražite potencijalne učinke izmjena
- potvrdi da li su sve varijable poznate
- optimizirati poslovanje
- procijenite ideje i identificirati neučinkovitosti
- razumjeti zašto promatrani čin odvija
- predvidjeti u cjelovitosti provedivost svojih planova

ExtendSim daje cijeli skup blokova koji omogućuju izgradnju modela veoma brzo. Omogućuje simulirajaciju bilo kojeg sustava ili procesa koji ima svoju zastupljenost u logističkim procesima. Ima prilagodljivo grafičko sučelje koje prikazuje odnose blokova u modeliranom sustavu. Podržava nelimitiranu dekompoziciju pri izradi modela što ga čini lako razumljivim. Brza integracija sustava s bazom podataka i dinamičkim sučeljem omogućuje podešavanje postavki dok se simulacija izvodi. Vizualno okruženje nudi 2D i 3D animacije realnog modela za poboljšanu prezentaciju. ExtendSIM alat je kompatibilan s mnogim platforma što dodatno pojednostavljuje njegovu uporabu i korištenje gotovih primjera u drugim aplikacijama. Za primjer moguće je uzeti podlogu nacrt infrastrukture izrađene u AutoCad-u i implementirati ga u ExtendSim-u.

³ <http://www.extendsim.com>, rujan 2015

Najčešće se koristi u statističkim istraživanjima. Za prikaz simulacije pomoću 3D animacije se često podatci iz ExtendSim prebacuju u FlexSim.



Slika 1: Prikaz izrade simulacije u ExtendSim

Izvor: prilagodio autor prema <http://simulationsoftware.blogspot.hr/2010/10/bias-blocks-use-in-optimization.html>, 15. listopada, 2015.

2.2. FlexSim

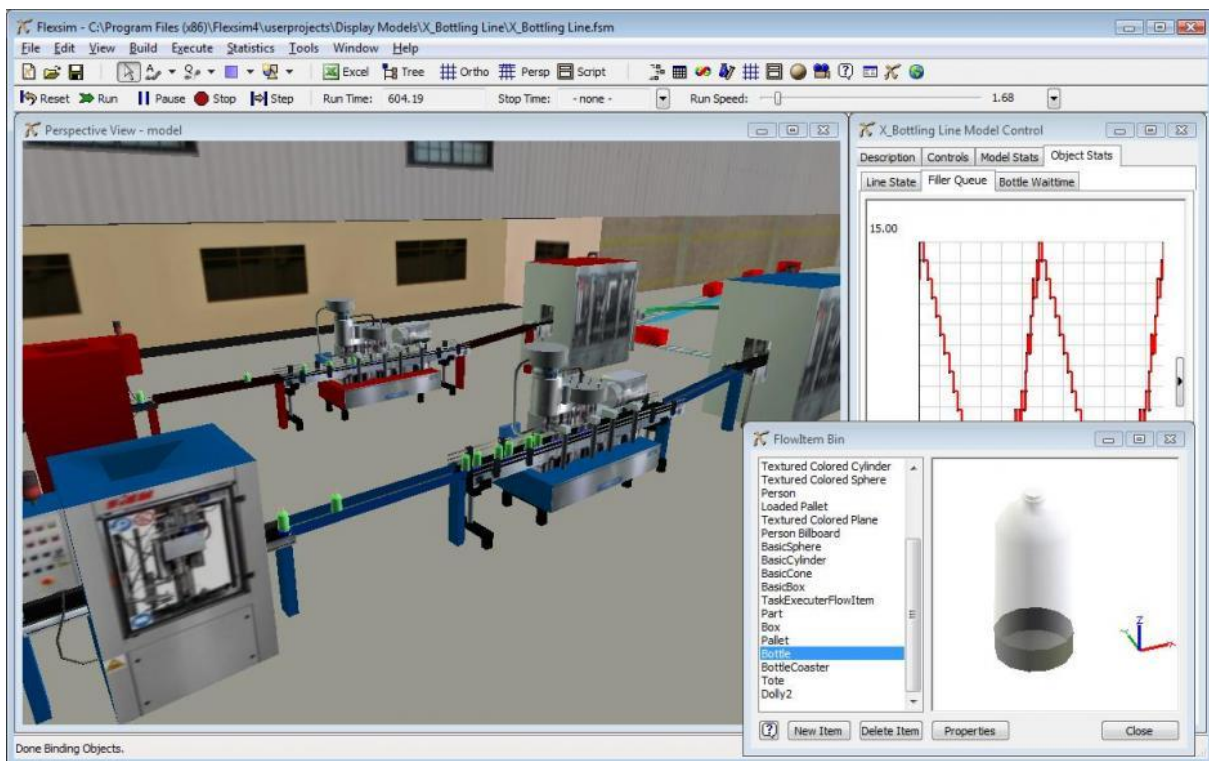
FlexSim4 je jedan od najnaprednijih alata za modeliranje, analizu, vizualizaciju i optimiziranje bilo kojeg procesa koji se može odvijati u stvarnom vremenu. Pruža izradu modela stvarnog sustava, njegovu simulaciju i proučavanje tog sustava uz manje troškove. Na temelju izvedene simulacije dobivaju se opsežna izvješća o izvedbi, pomoću kojih se mogu identificirati problemi te otkloniti ih izabiranjem optimalnog rješenja u kratkom vremenskom roku. Flexsim koristi okruženje koje ostvaruje u realnom vremenu FlexSim

⁴ <http://www.flexsim.com>, rujna 2015

omogućava vrlo jasno i precizno modeliranje od proizvodnje do opskrbnih lanaca, apstraktne primjere na stvarnim sustavima, ali i svega između. Glavne karakteristike FlexSim alata su:

- Veoma realna vizualizacija procesa u 3D pogledu
- Grafička i statistička analiza sistema (laka izrada grafova, tablica)
- mogućnost predviđanja budućih potrebnih optimizacija u sistemu s integriranim OptQuest® sučeljem za inteligentne optimizacije
- jednostavnost upotrebe (user-friendly interface)
- mogućnost izrade novih proizvoda koji se lako primjenjuje u FlexSim sistem
- jednostavna implementacija modela stvorenih s drugim računalnim alatima, te laka integracija s ostalim programima(Excel)

FlexSim alat je jedan od najkorištenijih alata u svijetu simulacija. Izrada i modeliranje je brže i jednostavnije nego kod mnogih drugih alata. Ima jednostavan i prilagodljiv radni prostor. Velika olakšica kod uporabe FlexSim je široka paleta već gotovih blokova koji se koriste pri izradi modela što uvelike smanjuje potrebno vrijeme za simulaciju. Omogućuje dodavanje svih tipova slika u bazu za modeliranje i drugih dodataka što ga čini lako primjenjivim u raznim okolinama. Uporaba FlexSima je široka. Koristi se za prikaz operacija u kontejnerskim terminalima, koordinaciju pomorskog prometa, prikaz prometnog toga na autocestama, simuliranje tokova pješaka u gradovima. Mnoge velike proizvodne tvrtke koriste baš FlexSim za izradu svojih modela. Neki od njih su: Coca-Cola, Volkswagen, Boeing, Michelin itd. Također osim proizvodnih tvrtki koriste ih i logističke tvrtke među kojima su FedEx, DHL, APM terminal i razne druge prijevoznike tvrtke.



Slika 2: Prikaz rade površine FlexSim alata pri modeliranju

Izvor: http://www.flexsim.com/flexsim/images/screenshots/lt_box/BottlingLine2.jpg, 16.listopad, 2015.

2.3. ARENA Rockwell

Arena⁵ je softver namjenjen za simulaciju diskretnih i automatiziranih događaja razvijen od strane Systems Modeling 2000. godine. Diskretna simulacija događaja omogućuje brzo analiziranje procesa ili ponašanja sustava tijekom vremena, omogućuje dobivanje odgovora na pitanja "zašto" ili "što ako", i redizajna procesa ili sustava bez ikakvih financijskih implikacija. Za izradu simulacijskih modela koristi SIMAN jezik. Danas Arena softver koriste brojne tvrtke koje se u svom poslovanju bave simulacijama. Neke od njih su: General Motors, UPS, IBM, Nike, Xerox, Lufthansa, Ford Motor Company. Arena je komercijalni alat čiji osnovni model ima cijenu 1850 USD, no u cilju potpore studentima i profesorima Rockwell je izbacio besplatnu inačicu Arena Academic s određenim ograničenim funkcionalnostima. S Arena softverom tvrtka može svoje

⁵ <https://www.arenasimulation.com>, rujan 2015.

poslovanje modelirati i simulirati kako god želi s ciljem poboljšanja poslovanja. Pruža uvid u mnoge procese unutar tvrke, simulira buduće karakteristike sustava i omogućuje usporedbu sadašnjeg i budućeg sustava. Takvom usporedbom utvrđuje mogućnosti za poboljšanje. Također pogodan je analitičarima za provođenje analize sustava i omogućuje vizualizaciju rješenja s dinamičnim animacijama. Arena široku primjenu nalazi radi mogućnosti rješavanja brojnih logističkih problema. Prije svega ima mogućnost dijagnosticirati problem te omogućiti rješavanje problema poput pojavljivanja uskog grla, smanjenja vremena isporuke, boljeg upravljanja zalihama i radnim osobljem te kroz sve svoje operacije poboljšati ukupnu profitabilnost cijelog sustava i poboljšati sveukupno poslovanje⁶.

U nastavku su opisane osnovne komponente softverskog alata ARENA koje je potrebno poznavati za izgradnju modela.

Entitet su stvari, subjekti, koje prolaze kroz proces koji modeliramo razni tipovi subjekata mogu prolaziti kroz proces ljudi, prijevozna sredstva, proizvodi i dr.

Resursi su subjekti koji obavljaju posao nad entitetima. Kao što može biti više tipova entiteta tako može biti više izvora resursa za rad na jednom objektu, entitetu.

Atributi su karakteristike koje su zajedničke svim subjektima istog tipa. Entiteti mogu biti različitog tipa, no svaki tip ima određene attribute poput vremena dolaska na posluživanje i trajanje posluživanja. Atributi su važan dio za izradu modela.

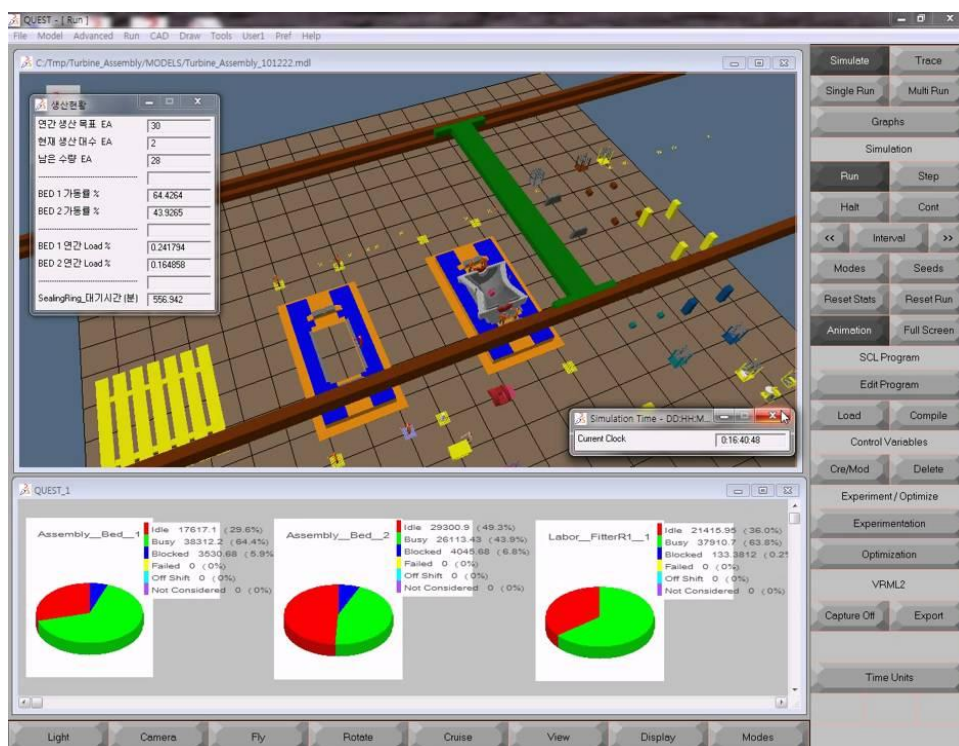
Događaji (Events) su stvari koje se događaju subjektima, entitetima, dok prolaze kroz proces. Najčešći događaji u procesu su dolazak i odlazak entiteta nakon posluživanja.

Varijable su slične atributima. Razlika je što se one primjenjuju na cijeli proces a ne samo na određen tip subjekta, te se često nazivaju globalne varijable. U većini procesa postoji samo jedna globalna varijabla i ona označava sat koji prati vrijeme simulacije.

⁶ <https://www.arenasimulation.com>, rujun 2015.

2.4. Delmia Quest

Delmia Quest⁷ je simulacijski softver opremljen za stvaranje 3D okruženja i procesiranje simulacijskih tokova i analiziranje. Delmia Quest modeli objedinjuju 2-D i 3-D geometrijske prikaze i stvarnu tvorničku okolinu. Proizvodni centar koji stoji iza ovog alata sadrži predmetno orijentirane podatke za skladištene proizvode, procese i izvore objekata koji su kontrolirani. Rezultat simulacije je moguć numerički i virtualno. Statistički izlazni rezultati su dostupni kroz grafičko korisničko sučelje ili kroz HTML⁸ i mogu biti pojednostavljeni pomoću XML⁹-a. Također omogućuje kreiranje digitalne 3D animacije sustava kojeg se simulira.



Slika 3. Primjer proizvodnog procesa u Quest simulacijskom alatu

Izvor: https://www.youtube.com/watch?v=c_DUZVq6ki4, 15.listopada, 2015.

⁷ http://www.tanoti.co.in/delfoi/delfoi_downloads/dassault/DELMIA-QUEST.pdf, 15.listopad, 2015.

⁸ HTML (HyperText Markup Language) - prezentacijski jezik za izradu web stranica

⁹ XML (Extensible Markup Language) - jezik za označavanje podataka

Simulacijski alat Delmia Quest je primjenu našao u industrijskom inženjerstvu, ponajviše u proizvodnim pogonima. Koristi se za upravljanje, planiranje i razvoj istih te optimizaciju procesa. Modeliranje u Delmia Quest se temelji na biblioteki ugrađenih komponenata baziranih na objektima u proizvodnom procesu, a kao pomoć se koristi dopunski programski jezik SCL (Simulation Control Language)

2.5. Usporedba simulacijskih alata

Današnji uobičajni standardni alati za planiranje i upravljanje (Enterprise Resource Planning, ERP-System) najčešće planiraju samo strukture i tokove unutar poduzeća. U posljednje vrijeme brojne tvrtke pokušavaju razviti nove simulacijske alate, koji bi podržavali kooperaciju i koordinaciju unutar umreženog poduzeća. Kako postojeće tako i nove tvrtke za programiranje simulacijskih alata tržištu nude tzv. napredne sustave planiranja (Advanced Planning System), kojima se omogućava cjelokupno planiranje, upravljanje i kontrola unutar logističkog lanca. Razvoj simulacijskih alata ima značajan učinak u razvoju različitih koncepata upravljanja opskrbnim lancima. Simulacijski alati se međusobno razlikuju jednostavnošću stvaranja modela, brojem parametara kojim se model može opisati te mogućnosti stvaranja 3D animacije simulacijskog modela. Prilikom usporedbe gore navedenih alata FlexSim se pokazao razvijeniji od ostalih softvera i mnogo je prikladniji novijem razvoju tehnologija što za posljedicu ima i najvišu cijenu softverskog alata među uspoređivanima, dok ExtendSim će s lakoćom zadovoljiti gotovo sve potrebe korisnika osim 3D vizualizacije. Detaljnije usporedbe opisanih simulacijskih alata s njihovim inačicama se nalaze u tablicama 1,2,3,4 i 5¹⁰.

¹⁰ <http://www.orms-today.org/surveys/Simulation/Simulation1.html>, listopad, 2015.

Tablica 1. – Komparacija alata na temelju mogućnosti konstrukcije modela, grafičkih sposobnosti alata, te mogućnošću toleriranja pogrešaka

Simulacijski Softver	Grafička konstrukcija modela	Konstrukcija modela pomoću programiranja/ pristup programiranim modelima	Toleriranje pogrešaka
Arena Simulation Software	da	da	da
Delmia Quest	da	da	da
ExtendSim AT ¹¹	da	da	da
ExtendSim OR ¹²	da	da	da
Flexsim	da	da	da
Flexsim CT ¹³	da	da	da
Flexsim HC ¹⁴	da	da	da

Izvor: prilagodio autor prema - <http://www.lionhrtpub.com/orms/surveys/Simulation/Simulation1main.html>

Tablica 2 – Komparacija simulacijskih alata na temelju ulaznih i izlaznih karakteristika

Simulacijski Softver	Mogućnost raspodjele ulaznih parametara	Mogućnost analize izlaznih parametara	Serijsko pokretanje ili eksperimentalni dizajn
Arena Simulation Software	da	da	da
ExtendSim AT	da	da	da
ExtendSim OR		da	da
Flexsim	da	da	da
Flexsim CT	da	da	da
Flexsim HC	da	da	da

Izvor: prilagodio autor prema - <http://www.lionhrtpub.com/orms/surveys/Simulation/Simulation3.html>

¹¹ AT (eng. Advance Tehnology) inačica ExtendSim-a namjenjena izradi modela složenih sustava, poboljšana verzija inačice ExtendSim OR

¹² OR (eng. Operation Research) inačica ExtendSim-a namjenjena za izradu modela jednostavnijih sustava

¹³ Flexsim CT je inačica Flexsima s dodatnom bibliotekom gotovih entiteta namjenjena simuliranju kontejnerskih terminala(eng. Container Terminal)

¹⁴ Flexsim HC je inačica Flexsima s dodatnim bibliotekom gotovih entiteta namjenjena za izradu modela zdravstvene skrbi (eng. HealthCare)

Tablica 3. – Komparacija simulacijskih alata na temelju optimizacije, mogućnosti modeliranja, te mogućnošću pristupa određenoj gotovoj simulaciji

Simulacijski alat	Optimizacija	Izvor koda (objekt, moduli, predlošci)	Pakiranje modela (pregled modela sa drugih računala)
Arena Simulation Software	da	da	da
ExtendSim AT	da	da	da
ExtendSim OR	da	da	da
Flexsim	da	da	da
Flexsim CT	da	da	da
Flexsim HC	da	da	da

Izvor: prilagodio autor prema - <http://www.lionhrtpub.com/orms/surveys/Simulation/Simulation4.html>

Tablica 4. – Komparacija simulacijskih alata na temelju vrste modeliranja (diskretni ili kontinuirani sustavi), mogućnošću animacije, izlazne vizualizacije, te 3D animacije

Simulacijski alat	Prikaz troškova	Modeliranje diskretnih i kontinuiranih sustava	2D i 3D animacija	Pregled realnog stanja	Animacija izlaznih podataka	Kompatibilan animacijski alat	Ubacivanje CAD crteža
Arena Simulation Software	da	da	da	da			da
Delmia Quest	da	da	da	da	da	da	da
ExtendSim AT	da	da	da	da	da	da	da
ExtendSim OR	da	da	da	da	da	da	da
Flexsim	da	da	da	da	da		da
Flexsim CT	da		da	da	da	da	da
Flexsim HC	da		da	da	da	da	da

Izvor: prilagodio autor prema - <http://www.lionhrtpub.com/orms/surveys/Simulation/Simulation5.html>

Tablica 5– Komparacija simulacijskih alata na temelju cijene, te mogućnosti treninga i konzultacije

Simulacijski alat	Služba telefonske pomoći	Forum	Mogućnost poslovnog treninga	„Online“ trening	Mogućnost konzultacije	Standardna verzija	Student verzija
Arena Simulation Software	da	da	da	da	da	\$8500	Uključena uz Arena knjigu
ExtendSim AT	da	da	da	da	da	\$2495	\$100
ExtendSim OR	da	da	da	da	da	\$1795	\$100
Flexsim	da	da	da	da	da	\$15,000 - \$20,000	\$100
Flexsim CT	da	da	da	da	da	\$45,000 - \$65,000	\$100
Flexsim HC	da	da	da	da	da	\$15,000 - \$20,000	\$100

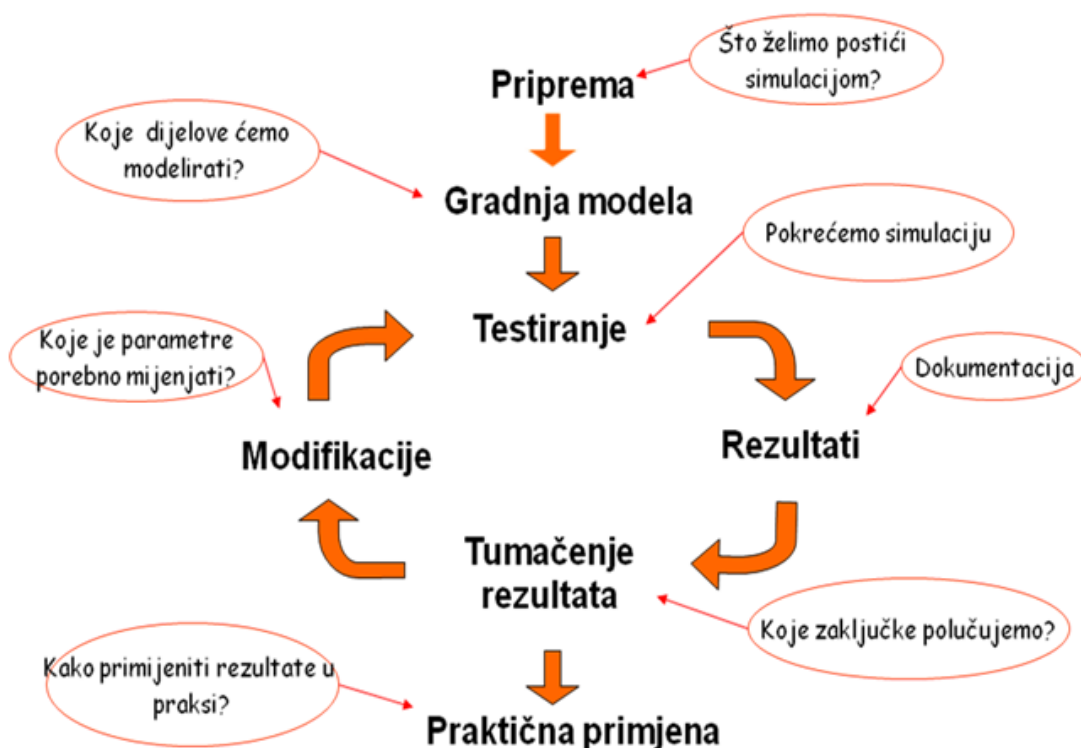
Izvor: prilagodio autor prema - <http://www.lionhrtpub.com/orms/surveys/Simulation/Simulation6.html>

3. KONCEPT IZGRADNJE SIMULACIJSKOG MODELA U ARENA-i

3.1. Pojmovno određenje simulacije

Simulacija¹⁵ je postao učestali izraz za bilo koji model koji pokušava kopirati i oponašati izgled, svojstva i značajke nekog određenog stvarnog sustava. Simulacije se koriste za opisivanje i analiziranje ponašanja sustava i dobijanje odgovora na pitanje „što će se dogoditi ako...“ te pomažu i u dizajniranju stvarnih sustava. Simulacija uključuje dizajniranje modela željenog sustava i obavljanje pokusa na njemu, i njegov napredak kroz vrijeme. Tako izrađeni modeli omogućuju uvid kako će se u stvarnom svijetu djelatnost obavljati. Redoslijed nastanka i primjene simulacije je opisan dijagramom na slici 4. Nadalje, omogućuju uvid u utjecaj različitih uvjeta na performanse aktivnosti i testiranje različitih hipoteza. Jedna od glavnih prednosti simulacijskog modela je da se može početi s jednostavnim procesima te kroz daljnju obradu postupno poboljšati model. Proširivanjem parametara u modelu se detaljizira stvarno okruženje. Moguće je koristiti modele za procjenu stvarne procese čiji izračun je previše složena za analizu putem tablica ili dijagramima. Simulacija i modeliranje omogućuju testiranje hipoteza u djeliću troškova potrebnih za poduzimanja stvarne aktivnosti. Omogućuju ispitivanje novih koncepata, provjeru aktivnih procesa, ispituju reakciju na donošenje novih odluka, razmatra uzajamno djelovanje određenih procesa te traže greške unutar procesa. Ovisno o potrebama samog procesa, o poznatim varijablama i traženom izračunu, pri izradi modela može se pristupiti različitim metodama i drugačiji načini pristupa samoj metodi.

¹⁵ Peraković D, Nastavni materijali iz kolegija „Simulacije u prometu“, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2013./2014



Slika 4.: Dijagram toka nastanka simulacije

Izvor: Ćosić P.,: Discrete Simulation in Manufacturing, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2011.

Ovisno o karakteristikama sustava čiji se model nastoji izraditi razlikuju se dva osnovna tipa modela: kontinuirani i diskretni. U kontinuiranom modelu sve varijable su zavisne o promjeni vremena koje se mijenja u jednakim koracima. U diskretnim modelima također svi događaji zavise od promjena vremena, ali uz vrijeme kao stalno promjenjivu većinu uzimaju se u obzir događaji koji utječu na promjenu stanja sustava. Primjer može poslužiti simulacija leta zrakoplovom. Uz stalnu brzinu njegov položaj se kontinuirano mijenja s obzirom na vrijeme. Dobar primjer može pružiti punionica boca. Cijeli proces zasniva se na primanju potvrda da su svi dijelovi za odvijanje procesa na svom mjestu. Kada se skupe sve potvrde proces punjenja počinje. Sam stroj za punjenje radi s stalnim vremenskim razmakom dok njegova aktivacija zavisi o potvrdi da su posude spremne za punjenje. Na potvrdu se čeka da se izbjegnu slučajevi kada bi nestalo posuda. Unatoč svim prednostima koje simulacija donosi ne smije se zaboraviti deset osnovnih pravila koja govore kada se

simulacije ne izvodi.¹⁶ Banks & Gibson su 1997. godine definirali deset pravila za utvrđivanje situacija kada simulacija nije odgovarajuća za primjenu:

Prvo pravilo ukazuje na to da simulacija ne treba se koristiti kada problem može biti riješen zdravim razumom dok drugo pravilo kaže da simulacija nije potrebna ako je problem moguće riješiti analitički.

Treće pravilo kaže da simulacija je nepotrebna ukoliko je lako izvesti direktni eksperiment tj. mjerenje u stvarnom okruženju. Primjer može biti čekanje u redovima s rednim brojem. Korisnik s rednom brojem ima zapisano vrijeme kada je došao u red, i prilikom usluživanja se automatski izmjeri koliko je dugo čekao. Na osnovu tih mjerenja se mogu raditi proračuni isti kakvi bi se radili simulacijom.

Četvrto pravilo kaže da ne treba koristiti simulaciju ukoliko ukupna cijena ulaganja u izradu simulacijskog modela prelazi cijenu eventualne uštede.

Peto i šesto pravilo: Simulaciju ne treba izvoditi ukoliko novčana sredstva nisu dostupna ili pak nema dovoljno vremena za simulaciju. Ako je na primjer simulacija procijenjena na nekih \$20,000, a na raspolaganju je samo \$10,000, prijedlog je ne upuštati se u simulacijsko istraživanje. Također, simulacija nije preporučljiva ako se odluka mora doneti za maksimalno sedam dana, a za simulaciju je potrebno dvanaest dana.

Sedmo pravilo: Simulacija zahteva dosta podataka. Ako nema dovoljno podataka takođe simulaciju ne treba započinjati.

Osmo pravilo: Mogućnost verificiranja i potvrde modela: Ukoliko nema dovoljno vremena, ili nema dovoljno stručnog kadra, simulacija takođe nije prihvatljiva.

Deveto pravilo: Ako menadžeri imaju sasvim neumjerena očekivanja, ako očekuju mnogo toga za kratko vreme, ili ako je mogućnost simulacije precenjena, simulacija je neprihvatljiva.

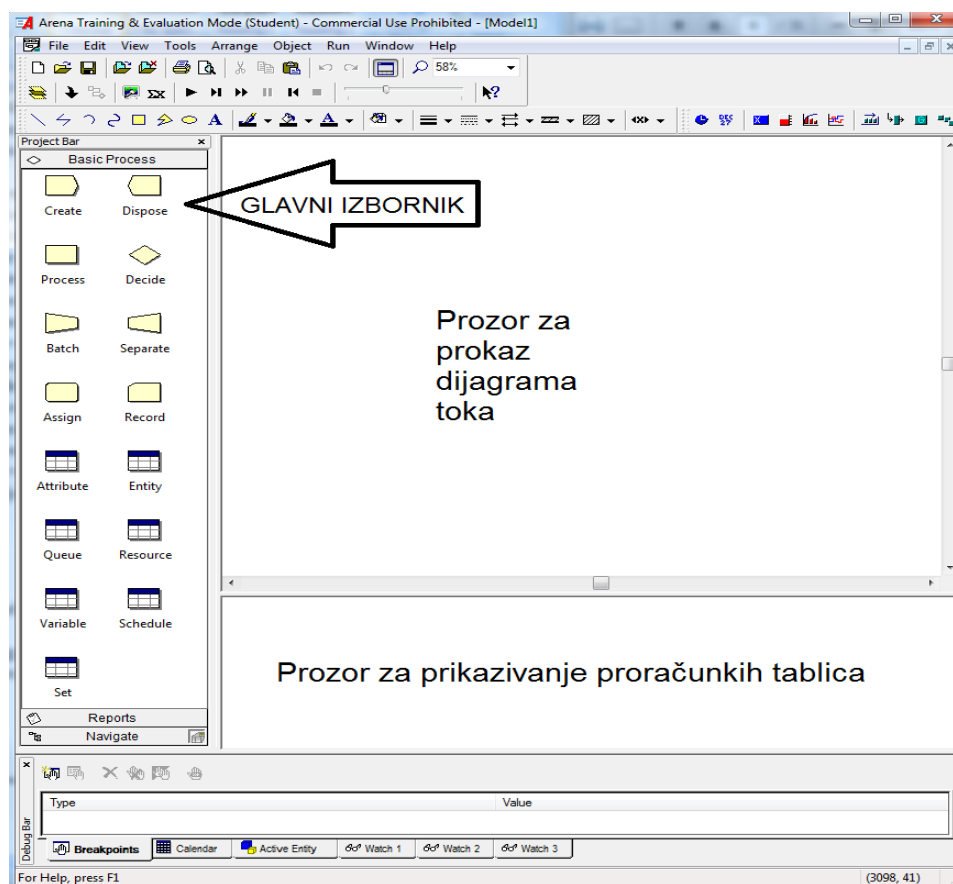
Posljednje pravilo kaže ako je ponašanje sistema suviše složeno ili se ne može definirati, simulacija se ne treba izvoditi. Zahtjevaju specijalan trening i svaladavanje

¹⁶ Banks J., Gibson R.: Don't simulate when: 10 rules for determining when simulation is not appropriate, Industrial engineering, 1997

vještina koje se uče dugo i kroz iskustvo te zahtijevaju dosta vremena i finansijskih sredstava.

3.2. Izrada simulacijskog modela u ARENA alatu

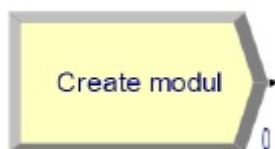
Za početak izrade simulacijskog modela potrebno je imati instaliran softver. Već spomenuta besplatna inačica se može preuzeti na web stranici http://www.arenasimulation.com/Arena_Home.aspx. Nakon instalacije potrebno je znati osnovne funkcije softvera. Otvaranjem ARENA alata pojavljuje se početni zaslon prikazan na slici 5.



Slika 5.: Prikaz početnog zaslona softvera Arena

Izradio autor

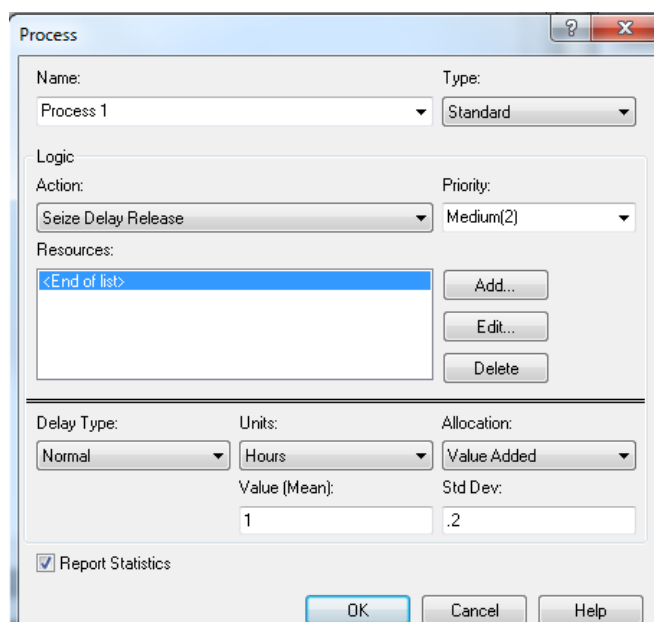
Svaki proces počinje dodavanjem modula „Create“. Ovaj modul označava početak svake simulacije i služi za uvođenje entiteta u sistem (Slika 6).



Slika 6. Prikaz ikone Create modula

Izradio autor

PROCESS MODULE – Definiira osnovne operacije u simulaciji i služi za unošenje podmodela u sustav (slika 8). Ovaj modul je namjenjen kao glavna metoda obrade. Ima mogućnost zadržavanja objekta obrade, posluživanje i otpušanje istog objekta. u ovom modulu je omogućeno davati resurse koji su potrebni za obavljanje procesa. Osim sandarnog modela daje nam mogućnost otvaranja podmodela koji ima svoju vlastitu hijerarhijsku strukturu. Dvostrukim klikom na svaku ikonu otvara se izbornik u kojem se podešavaju karakteristike svakog modula. Primjer podešavanja prikazan je na slici 8. U ovom prozoru se određuje radnja nad entitetom u Process 1. Hoće li čekati, poslužiti i otpustiti na sljedeći korak i koliko će te radnje vremenski trajati.



Slika 7. Prikaz prozora za određivanje atributa za modul Process

Izradio autor



Slika 8. Prikaz ikone Process modula

Izradio autor

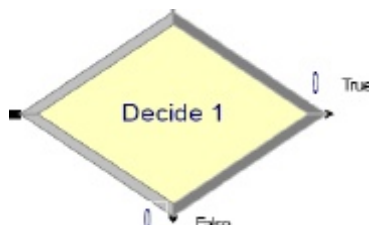
ASSIGN MODULE – Služi za dodijeljivanje novih vrijednosti entitetima, za dodijeljivanje slike entitetima, može utvrditi prioritet entiteta i subjekata u simulaciji i skuplja određeni broj podsklopova u sklop (slika 9).



Slika 9. Prikaz ikone Assign modula

Izradio autor

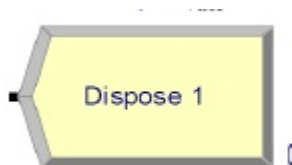
DECIDE MODULE – služi za donošenje odluke u sistemu i nastavak procesa na osnovu jednog ili više procesa. Može imati više od dva izlaza ovisno o broju mogućih rješenja koja mogu nastati (slika 10.).



Slika 10. Prikaz ikone Decide modula

Izradio autor

DISPOSE MODULE- Služi za napuštanje simulacije jer svaki entitet koji uđe u sistem mora i izaći iz njega (slika 11).



Slika 11. Prikaz ikone Dispose modula

Izradio autor

4. SIMULACIJSKI MODEL LOGISTIČKIH PROCESA NA PRIMJERU TVRTKE MLINAR (uz primjenu programskog paketa ARENA)

4.1. Profil tvrtke

Milnar d.d. mlinsko pekarska industrija ima sjedište u Zagrebu, Radnička cesta 228c te je u većinskom vlasništvu Pekare Kruna d.o.o. iz Osijeka, a osnovna je djelatnost Mlinara proizvodnja pekarskih proizvoda kao i distribucija vlastitih proizvoda i trgovačke robe. Danas Mlinar djeluje na području kontinentalne Hrvatske i Istre kroz tri pekarska pogona i to u Zagrebu, Križevcima i Poreču. U mreži pekarskih delikatesnih dućana, Mlinar posjeduje oko 150 prodajnih mjesta. Od 1903. godine do danas, tvrtka Mlinar d.d. izrasla je u vodeću tvrtku u pekarstvu, i to s više od 1700 zaposlenih u diljem Hrvatske, Mađarske i Slovenije. Mlinar njeguje prepoznatljivu kvalitetu što se očituje i u svježini njihovih proizvoda, a upravo je to razlog zbog kojega više od 100 godina zadržavaju povjerenje i lojalnost brojnih kupaca. Pekare su premrežene brojnim rashladnim sustavima, zatim komorama za odgođenu fermentaciju te brojnim silosima koji čuvaju zalihe najkvalitetnijih hrvatskih sirovina dok se proizvodi peku u najmodernijim i najkvalitetnijim pećima za pekarstvo. Skladišni prostori Mlinara zadovoljavaju visoke kriterije čuvanja kvalitete. Novi dizajn i suvremeni koncept prodavaonica kao i nove lokacije, prošireni asortiman i educirano osoblje koje peče proizvode na licu mjesta jamstvo su zadovoljstva svakog potrošača tvrtke Mlinar, a kako bi potrošači odnosno kupci bili sigurni u kvalitetu proizvoda, u Mlinaru koriste vlastiti vozni park s više od 110 vozila od čega je 70 novih dostavnih vozila za dostavu svježih proizvoda na svako prodajno mjesto.¹⁷ Mlinar posjeduje 164 vlastite prodavaonice u Zagrebu, sjeverozapadnoj i istočnoj Hrvatskoj, 23 prodavaonice u Sloveniji, 7 u Mađarskoj i 1 u Njemačkoj te imaju tendenciju i proširiti ponudu na ona tržišta na kojima još nisu prisutni.

¹⁷ Milnar d.d., <http://www.mlinar.hr/o-nama/>

4.2. Logistički procesi u Mlinaru

Tvrtka Mlinar d.d. sa svojim proizvodnim kapacitetima, distribucijskom mrežom i malim trgovina diljem Hrvatske razvila je jedan veliki logistički sustav za svoje potrebe. Procesi unutar sustava se ne razlikuju od uobičajenih osnovnih logističkih procesa. Mlinarovi industrijski pekarski pogoni - Zagreb, Osijek, Križevci i Poreč - besprijekorno i organizacijski funkcioniraju u cilju zadovoljavanja dnevnih potreba maloprodajne mreže te veleprodajnih kupaca. Kako bi postiglo zadovoljstvo svojih kupaca veoma je bitno da postignu odgovarajuću razinu usluge. Zadovoljstvo kupca se mjeri na dva načina: kvaliteta i kvantiteta.

Kvalitetu pekarskih proizvoda u ovom radu ne uzimamo u obzir, budući da tvrtka posluje uspješno i njeni se proizvodi kupuju iz dana u dan logičan zaključak je da je kvaliteta zadovoljena. Drugo mjerilo zadovoljstva je kvantiteta, tj. da li je svaki kupac dobio onoliko proizvoda koliko je želio. U cilju ispunjenja kvantitativnih kriterija važno je organizirati i operirati logističkim procesima na najbolji mogući način.

Osnovni logistički procesi tvrtke prikazani su u nižim poglavljima, a sastoje se od: nabave, proizvodnje, distribucije gotovih proizvoda i skladištenje.

4.2.1. Nabava

Iako je primarna djelatnost tvrtke proizvodnja i prodaja pekarskih proizvoda, nijedan od njih se nemože odvijati bez procesa nabave sirovina za proizvodnju istih. U poduzećima se na nabavu dugo vremena gledalo kao na funkciju koja ima za cilj prikupiti zahtjeve iz drugih poslovnih funkcija, sumirati zahtjeve, kontaktirati dobavljače te između nekoliko prikupljenih ponuda odabrati najpovoljniju, a upravo razmatrajući razvoj nabave, mnogi autori razvili su različite modele kojima su tumačili promjenu uloge nabave u poslovnoj strategiji kroz povijest.¹⁸

¹⁸ Karić, M.: *Ekonomika poduzeća*, drugo dotiskano izdanje, 2009., Osijek, str. 188

Predmet nabave jesu svi materijalni „inputi“ poduzeća, stoga u logistiku nabave ulaze svi materijalni „inputi“ poduzeća odnosno logistički zadaci:¹⁹

- razmatranja "proizvoditi ili kupovati"
- usklađivanje nabave s proizvodnjom
- minimiziranje transportnih troškova
- stupanj suradnje s dobavljačima
- izbor dobavljača
- osiguranje opskrbe
- optimiranje troškova nabave
- izbor ambalaže
- kontrola kvalitete.

Osnovni je zadatak nabave osigurati raspoloživost potrebnih dobara i usluga odgovarajuće količine i kakvoće u pravo vrijeme i na pravom mjestu po povoljnim cijenama i uz što povoljnije uvjete plaćanja dok planiranje u području nabave obuhvaća planiranje potreba, zaliha i nabave.²⁰

U praksi tvrtke Mlinar d.d. bitno je osigurati stalnu opskrbu sirovinama i zadržati određenu razinu kvalitete sirovina. Kako bi osigurali stalnu opskrbu tvrtka se okružila s više pouzdanih dobavljača osnovnih sirovina iz Hrvatske, Austrije, Nizozemske, Francuske i Bosne i Hercegovine, dok ostale sirovine nabavljaju preko posrednika. Problem kod nabave sirovina je optimizacija zaliha na stanju. S obzirom da je potrošnja istih stabilna, problem se može stvoriti oko vremena nabave i pouzdanosti dobavljača što se trenutno uspješno izbjegava.

4.2.2 Proizvodnja

Zadatak proizvodne funkcije jest da u skladu s tržišnim potrebama i raspoloživim resursima poduzeća (ljudskim i materijalnim) proizvede određene vrste proizvoda,

¹⁹ Buntak, K., Šuljagić, N.. *Ekonomika logističkih funkcija u poduzeću*, Tehnički glasnik, vol.8, no.4, 2014., str. 389

²⁰ Osmanagić Bedenik, N.: *Operativno planiranje*, Školska knjiga, Zagreb, 2002., str. 148

odgovarajuće kakvoće, u potrebnoj količina, u pravo vrijeme i uz što niže troškove. Proizvodna funkcija obuhvaća veliki broj pojedinačnih poslova dok su neki od njih toliko opsežni da se mogu smatrati posebnim funkcijama (primjerice, razvoj novih proizvoda, unutarnji transport, kontrola kvalitete proizvoda, održavanje postrojenja i opreme i sl.).²¹

Prilikom planiranja proizvodnje naglasak je na korištenju postojećih resursa poduzeća. Dakle, zadatak planiranja u području proizvodnje jest priprema programa proizvodnje i odvijanja procesa proizvodnje, a planiranjem proizvodnje odgovara se na sljedeća pitanja:²²

- Što treba proizvoditi?
- Koliko treba proizvoditi?
- Gdje proizvoditi?
- Kako proizvoditi?
- Čime proizvoditi?
- Kada proizvoditi?
- Kakvi troškovi nastaju pri proizvodnji?

Organizacija procesne proizvodnje je veliki sustav s velikim brojem operacija koje su izvor visokih troškova.²³ Prema tome, iz kompleksa koji započinje nabavom te nastavlja kontrolom materijala i pripremom te konačnom raspodjelom po određenom programu na pojedine operacije, proizlazi da je potrebno ostvariti kvalitetu cjelokupnoga procesa i proizvoda uz optimalne troškove.

Odjel proizvodnje u tvornicama se uglavnom zasniva na automatiziranim strojevima koji za ulaz koriste sirovine a u izlazu daju gotove proizvode na pokretnu traku. Kapacitet strojeva za proizvodnju pekarskih proizvoda je ograničen i bitno je da kada strojevi se pokrenu uvijek ima dovoljno sirovina za proizvodnju. Proizvodnja u tvornici se organizirana

²¹ Karić, M.: *Ekonomika poduzeća*, op.cit., str. 197

²² Osmanagić Bedenik, N.: *Operativno planiranje*, op.cit., str. 127

²³ Lacković, Z.: *Temeljni elementi poslovne logistike u proizvodnji*, VII. međunarodni znanstveni skup, Poslovna logistika u suvremenom menadžmentu: zbornik radova, Ekonomski fakultet u Osijeku, 2008., str. 216

planski i nema odstupanja u proizvodnji bez obzira na promjene u potražnji. Razlog tome je već navedeni ograničeni kapacitet strojeva za proizvodnju gotovih pekarskih proizvoda te ukoliko se potražnja naglo poveća tvornice neće biti u stanju ispuniti zahtjeve tržišta što će tvrtci stvoriti propuštenu prodaju.



Slika 12. Proizvodni pogon tvrtke Mlinar d.d.

Izvor: Zagreb.hr - Službene stranice Grada Zagreba, <http://www.zagreb.hr/default.aspx?id=56402>

Proizvodnja u manjim pogonima organizirana je tako da je funkcionalno podložna zahtjevima koji su definirani u sjedištu. Svi su manji pogoni lokalna logistika brenda, proizvode svježe i jednako kvalitetne proizvode primarno namijenjene područjima na kojima se nalaze, a upravo to olakšava distribucijsku logistiku te jamči istu kvalitetu, jer se proizvodnja temelji na istoj ili sličnoj tehnologiji i pod nadzorom je zajedničkih timova tehnologa.²⁴

4.2.3. Distribucija

Distribucija slijedi proizvodnju dobara i to od trenutka kada su ona komercijalizirana do njihove isporuke potrošačima. Naime, distribucija obuhvaća razne aktivnosti i operacije koje osiguravaju da se roba stavi na raspolaganje kupcima, bilo da se

²⁴ Poslovni dnevnik, <http://www.poslovni.hr/hrvatska/picukaric-s-najmodernijim-pogonom-u-regiji-spremni-docekujemo-konkurente-iz-eu-217365>

radi o prerađivačima ili o potrošačima, olakšavajući pritom izbor, kupnju i upotrebu robe odnosno s općegospodarskog motrišta. Logistika distribucije obuhvaća sljedeće:²⁵

- određivanje distribucijskih kanala
- odluku o postavljanju zastupnika
- odluku za vlastiti ili tuđi transport
- odluku o najmanjoj količini narudžbe
- odluku proizvoditi ili kupovati
- lokacije pojedinog skladišta
- zalihe na pojedinim lokacijama
- sustav skladištenja
- distribuciju uz što niže troškove.

Pod distribucijom se porazumijevaju sve aktivnosti koje služe raspodjeli proizvedenih dobara potrošačima dok se s aspekta pojedinačnoga gospodarskoga subjekta distribucija odnosi na sve poduzetničke odluke i radnje koje su povezane s kretanjem proizvoda do konačnoga kupca.²⁶ Dostava pak može uslijediti izravno iz proizvodnoga procesa ili iz prodajnih skladišta pri mjestima proizvodnje ili u nekim slučajevima preko daljnjih regionalnih skladišta za isporuku. Treba spomenuti da se objekti logistike distribucije ne mijenjaju, osim u izuzetnim slučajevima kada se radi o dostavi kupcima kod koje se logistička usluga veže uz komplementarne usluge, npr. proizvod se prilagođava individualnim potrebama kupca.²⁷ Proizlazi da logistika distribucije obuhvaća sve aktivnosti koje su povezane s dostavom gotovih proizvoda te trgovačke robe kupcima.

Distribuciju pekarskih proizvoda Mlinar obavlja iz pekarnica u Zagrebu, Križevcima, Sinju, Makarskoj i Kuni Pelješkoj dok kruh i pekarske proizvode (osnovne vrste kruha od pšeničnog brašna - bijeli, polubijeli i crni kruh, ostale osnovne vrste kruha -

²⁵ Buntak, K., Šuljagić, N.: *Ekonomika logističkih funkcija u poduzeću*, op.cit., str. 390

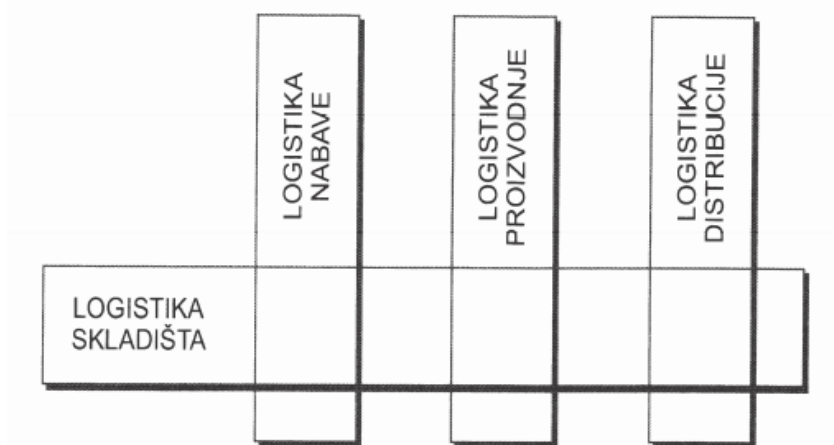
²⁶ Segetlija, Z., Lamza-Maronić, M.: *Distribucijski sustav trgovinskoga poduzeća: Distribucija- Logistika-Informatika*, op.cit., str. 10

²⁷ Ibidem, str. 303

raženi, kukuruzni i miješani kruh, te posebne vrste kruha, peciva i smrznute pekarske proizvode koji se peku u trgovinama i drugo) Mlinar distribuira samostalno krajnjim kupcima. U Mlinaru koriste vlastiti vozni park s više od 110 vozila od čega je 70 novih dostavnih vozila za dostavu svježih proizvoda na svako prodajno mjesto.²⁸ Također, mlinar distribuira pekarske proizvode i Konzumu. Poslovna suradnja s Konzumom funkcionira putem Konzumovog centralnog skladišta. Centralno skladište prikuplja narudžbe manjih Konzumih poslovnica i okrupnjuje narudžbu prema Mlinaru te Mlinar vrši isporuku samo na jednu lokaciju dok ostalu distribuciju vrši Konzum u svojim trgovinama.

4.2.4. Skladištenje

Skladišta se općenito definiraju kao posebna mjesta, ograđeni, neograđeni, zatvoreni, otvoreni, natkriveni i dr. prostori koji služe za uskladištenje, smještaj, pohranjivanje, manipuliranje, (pre)pakiranje, oplemenjivanje, (pre)signiranje, vaganje, brojanje, mjerenje, paketiziranje, paletiziranje, čuvanje i skladištenje materijalnih dobara.²⁹



Slika 13. Logistika skladišta

Izvor: Buntak, K., Šuljagić, N.. *Ekonomika logističkih funkcija u poduzeću*, Tehnički glasnik, vol.8, no.4, 2014., str. 390

Najvažnija varijabla prilikom odabira lokacije skladišta jesu troškovi koji se vežu uz skladištenje. Troškovi se odnose i na njegovo unutarnje uređenje kao i organizaciji njegova

²⁸ Mlinar d.d., <http://www.mlinar.hr/o-nama/>

²⁹ Zelenika, R., Pupavac, D.: *Menadžment logističkih sustava*, op.cit., str. 293

poslovanja i samoj tehnici izvedbe poslova. Ekonomičnost skladišnog poslovanja postiže se primjenom sljedećih načela:³⁰

- racionalno iskorištavanje skladišnog prostora
- brzo obrtanje proizvoda i materijala
- održavanje specificiranih normiranih zaliha
- racionalno iskorištavanje skladišne opreme
- racionalna organizacija poslovanja i racionalno korištenje ljudskih resursa.

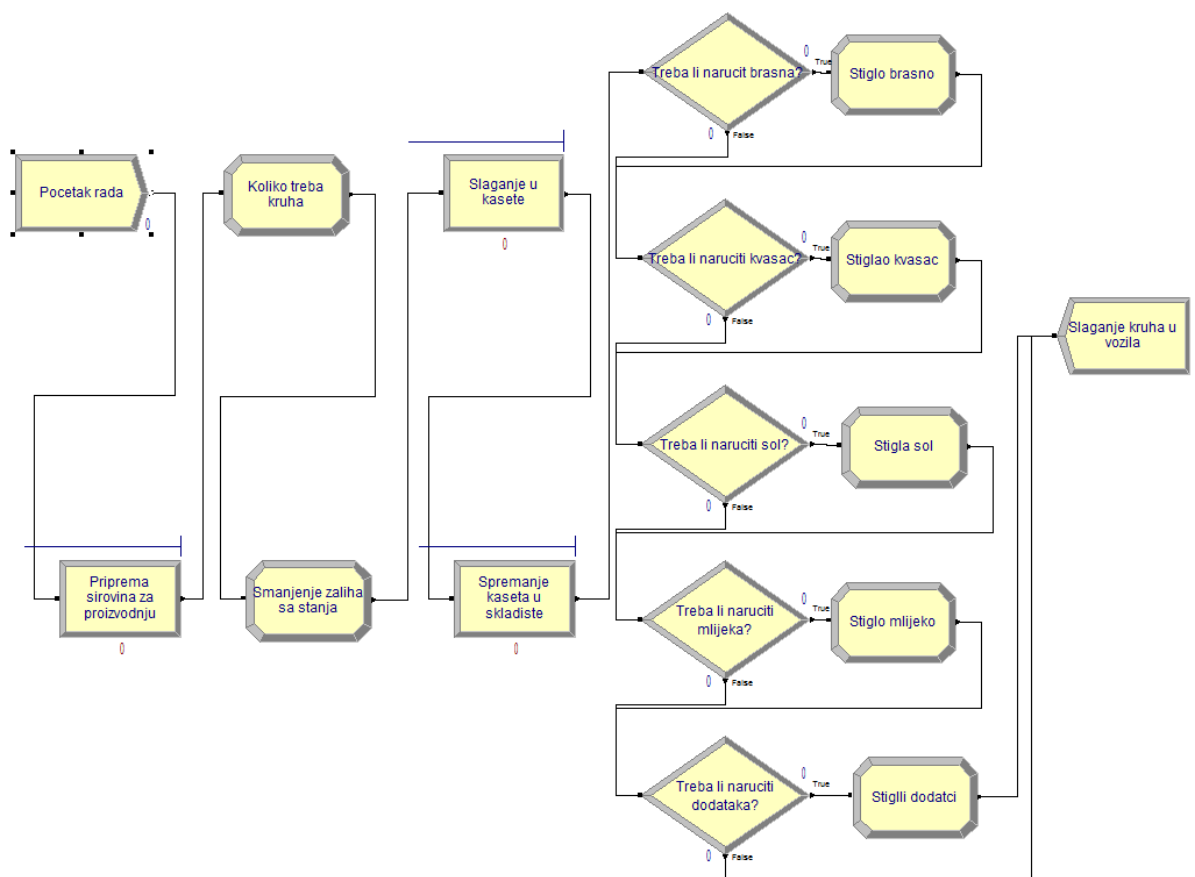
Kao što prikazuje slika 13. funkcija skladištenja je rasprostranjena na i međuovisna o svim drugim procesima. Sirovine koje se koriste za proizvodnju se nabavljaju u većim količinama za duži period i potrebno je njihovo skladištenje do uporabe. Proizvodi koji nastaju u proizvodnim pogonima ne distribuiraju se odmah prema odredištima zbog vremenskog prozora između početka proizvodnje i vremena da dostavu u male trgovine te se privremeno skladište u proizvodnom pogonu. U toj fazi proizvodi se pakiraju u ambalaže i pripremaju se da daljnju distribuciju. Odjel distribucije isti skladišni prostor koristi za komisioniranje robe za zadovoljenje potreba malih dućana. Također skladištenje je prisutno i u funkciji prodaje kako bi se osigurala zaliha proizvoda za kupce tijekom cijelog radnog vremena.

4.4. Izrada modela i simulacija dijela proizvodnog procesa

Prilikom izrade simulacijskog modela potrebno je odrediti što se želi simulirati i na koja pitanja se želi dobiti odgovor. U prvom dijelu izrade modela se prikupljaju svi poznati parametri koji se mogu koristiti prilikom simulacije i koji mogu utjecati na rezultat simulacije.

U ovom modelu prikazan je dio procesa proizvodnje pekarskog proizvoda „kruh“.

³⁰ Šerić, N.: *Tržišno poslovanje malog poduzeća*, Sveučilište u Splitu, Ekonomski fakultet Split, Split, 2001., str. 43, https://bib.irb.hr/datoteka/752827.SKRIPTA_TPMP.pdf



Slika 14.: Prikaz modela za simulaciju proizvodnje kruha i kontrolu razine zaliha

Izradio autor

U proizvodnom procesu veoma je bitno da prije početka procesa su dostupne sve potrebne sirovine, stoga je važno kontinuirano nadzirati zalihe sirova na stanju i nadopunjavati po potrebi. Tvrtka Mlinar za proizvodnju kruha koristi automatizirani stroj koji ima mogućnost u jednom satu izbaciti tisuću komada gotovog kruha.

U simulacijskom modelu promatrat će se proizvodnja bijelog kruha za grad Zagreb na čijem području ima sedamdeset i tri poslovnice. Prodaja u poslovnicama varira od 20 - 80 komada dnevno što dovodi do maksimalne potrebe od 3700 komada kruha približno. Kapacitet stroja je 1000 komada te u proizvodnji se proizvodi krug u četiri ciklusa tj. proizvodi se 4000 komada. Sirovine potrebne za proizvodnju kruha su prikazane u tablici 6. Model prikazan na slici 14. radom počinje s početkom smjene zadužene za proizvodnju kruha. Aktivnost početka smjene je prikazana na slici 15. I koristi se samo za početak simulacije.

Slika 15: Prikaz parametara za blok „Pocetak rada“

Izradio autor

Na početku simulacije razine zaliha su jednake količini zaliha koje se naručuju prilikom svake narudžbe (Tablica 6.). U prvom koraku radnik u proizvodnom procesu priprema potrebne količine (naznačene u tablici 7.) sirovina i ubacuje u stroj za proizvodnju kruha. Kako se potrebne sirovine ubace u stroj ista količina se umanju sa stanja zaliha, te se razina zaliha očitava na kraju proizvodnog procesa.

U nastavku procesa, nakon što su proizvodi kruha gotovi, radnik u proizvodnom pogonu ih slaže u kašete predviđene za kruh i to dvadeset i pet komada po kašeti te odlaže kašete u privremeno skladište odakle se dalje kašete usmjeravaju u vozila koja vrše distribuciju u maloprodajne objekte. Potrebno vrijeme za proces skladištenja zavisi od lokacije odlaganja. Parametrizacija procesa skladištenja prikazana je na slici 16. Distribucija trajanja procesa skladištenja dobivena mjerenjem je trokutasta distribucija vrijednosti (200, 350, 500) prikazana je pod „delay type“

Process

Name: Spremanje kaseta u skladište Type: Standard

Logic

Action: Seize Delay Release Priority: Medium(2)

Resources:

- Resource: Skladistar, 1
- <End of list>

Add... Edit... Delete

Delay Type: Triangular Units: Minutes Allocation: Value Added

Minimum: 200 Value (Most Likely): 350 Maximum: 500

☒ Report Statistics

OK Cancel Help

Slika 16 Prikaz parametara modula „Spremanje kaseta u skladište“

Izradio autor

Mlinar dio sirovina nabavlja direktno od proizvođača, a dio preko distributera koji imaju svoja skladišta u Hrvatskoj. Sirovine brašna i soli imaju najdulje vrijeme dobave i potrebno je da naručena količina kada pristigne može biti dostatna do iduće isporuke stoga su te količine veće. Kvasac i dodaci kruhu se troše u znatno manjoj količini te je i vrijeme potrebno za dostavu istih sirovina znatno manje i količine tih sirovina su manje prilikom narudžbe i narudžbe se češće ponavljaju. Mlijeko u prahu ima prilično kratko vrijeme dobave, ali zbog uvjeta proizvođača se naručuje cijela paleta tj. količina sirovina koja je dostatna znatno više nego što bi mogla biti ostvarena iduća isporuka.

Tablica 6: Prikaz ulaznih parametara simulacijskog modela

Artikl	Količina	Sigurnosna zaliha	Potrosnja po smjeni	ROP ³¹	Minimalno pakiranje (kg)	Vrijeme dobave (dani)	Kolicina za narucivanje (kg)
Kruh (kom)	1000		4000				
Brašno (kg)	437	1900	1748	17533	500	10	18000
Kvasac (kg)	14	61	56	136	5	2	140
Sol (kg)	9	40	36	413	20	10	420
Mlijeko (kg)	5	26	20	114	1000	4	1000
Dodatci (kg)	6	30	24	130	20	4	140

Izvor: izradio autor prema podacima dobivenim iz tvrtke Mlinar

Tablica 7. : Popis sirovina i zemlja dobavljača

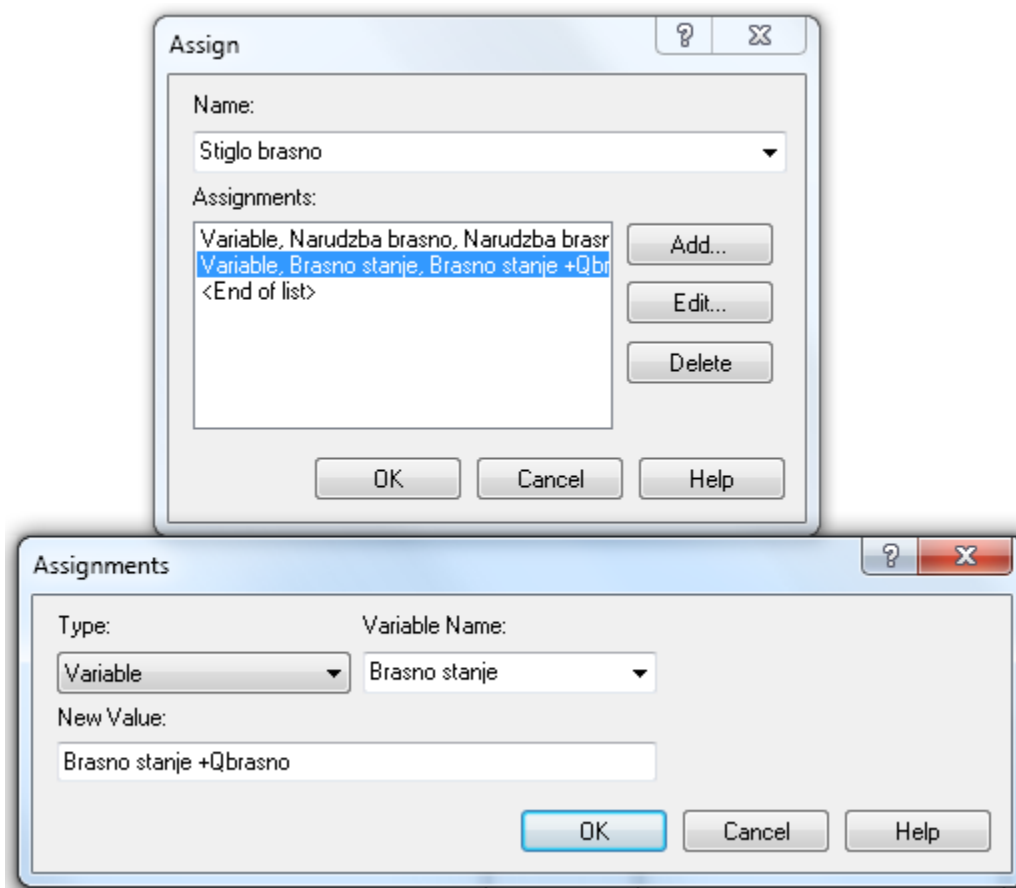
Naziv sirovine	kg	Dobavljač
T-550	473	Austrija
Kvasac	14	Hrvatska
Sol	9	BiH
Voda	273	vodovod
Dodatci	6	Hrvatska
Mlijeko u prahu	5	Nizozemska

Izvor: izradio autor prema podacima dobivenim iz tvrtke Mlinar

Na kraju proizvodnje kontrolira se razina zaliha te se vrši narudžba novih količina ukoliko je potrebno. Ukoliko je razina zaliha sirovine niža od vrijednosti ROP (ROP – točka ponovne nabave, tablica 6.) pokreće se nova narudžba. Primjer procesa nove narudžbe za artikl brašno je opisano pomoću varijabli kako je prikazano na slici 14. Prema prognozama odjela za kontrolu razine zaliha sirovina u proizvodnom pogonu ta količina je dostatna do sljedeće isporuke. Točnost prognoze se potvrđuje rezultatima simulacije (Slika 17.). Vrijednosti minimalne razine zalihe nikad nisu dosegle nulu što pokazuje da je uvijek bilo dovoljno sirovina na stanju. Kroz ovakve simulacije se može tražiti i odgovor na

³¹ ROP-„reorder point“ eng. točka ponovne nabave, razina zaliha ispod koje se naručuje nova količina zaliha

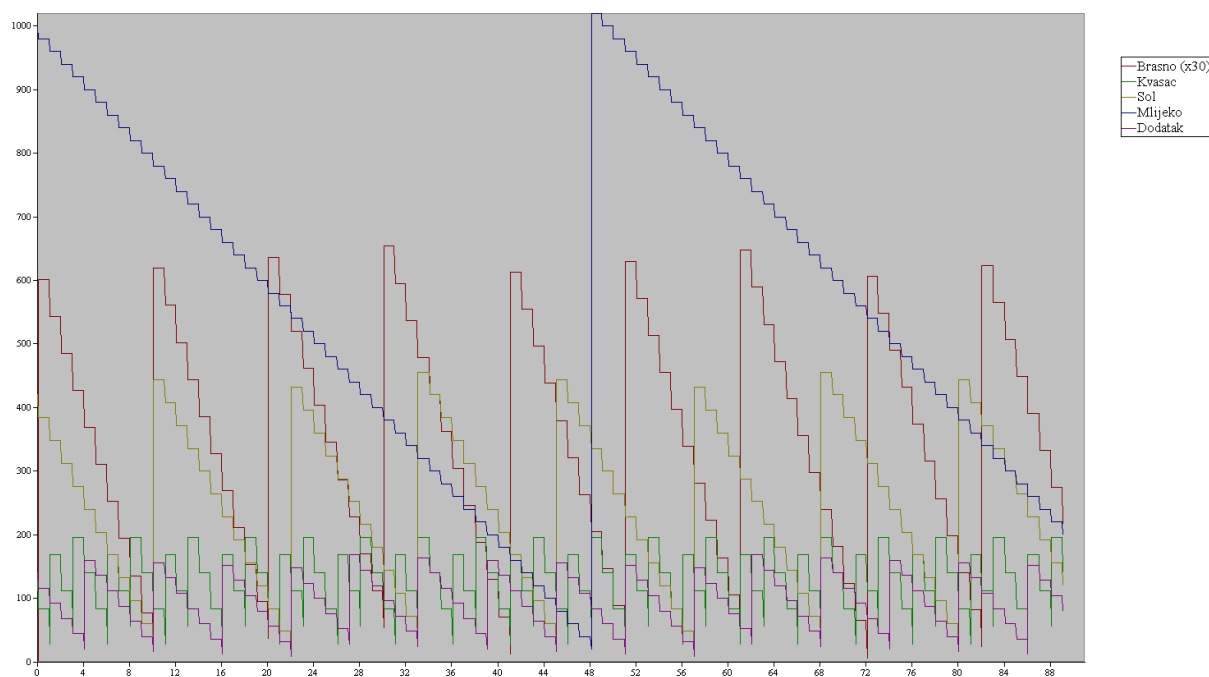
pitanja kako bi se određena promjena u poslovanju odrazila na ostale procese te tražiti bolja i jeftinija rješenja od trenutnih.



Slika 17.: Prikaz modeliranja parametara modula po nazivom „Stiglo brasno“

Izradio autor

Promatrajući razinu zaliha sirovina (slika 18.) zalihe mlijeka (plava linija) drastično odstupaju svojim ponašanjem od stanja sirovina brašna (narančasta linija) koja se može uzeti kao reprezentativni primjer buduću da je brašno osnovna sirovina u pekarskom poslovanju. Razlog je uvjet dobavljača da minimalna narudžba iznosi jedna cijela paleta te ukoliko tvrtka Mlinar želi uštedjeti na troškovima zaliha mlijeka najizglednije rješenje je da promjeni uvjete naručivanja s dobavljačem ili dobavljača po mogućnosti onog koji nudi opciju češćeg opskrbljivanja u manjim količinama. Zalihe sirovina kvasca i dodataka teško da mogu biti optimalnije s obzirom na kratak rok trajanja, dok razina zaliha soli (žuta linija) ostavlja vrlo malo prostora za optimizaciju ako se uspoređuje s razinom zaliha brašna.



Slika 18.: Prikaz promjene razine zaliha sirovina kroz 90 dana

Izradio autor

User Specified

Time Persistent

Variable	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Brasno stanje	9466.60	(Insufficient)	52.0000	19612.00
Dodatak stanje	81.3603	(Insufficient)	8.0000	168.00
Kvasac stanje	98.0987	(Insufficient)	28.0000	196.00
Mlijeko stanje	547.44	(Insufficient)	20.0000	1020.00
Narudzba brasno	4.8366	(Insufficient)	0.00	9.0000
Narudzba dodatak	7.3673	(Insufficient)	0.00	15.0000
Narudzba kvasac	17.8684	(Insufficient)	0.00	36.0000
Narudzba mlijeko	0.4558	(Insufficient)	0.00	1.0000
Narudzba sol	3.4331	(Insufficient)	0.00	7.0000
Sol stanje	226.80	(Insufficient)	12.0000	456.00

Slika 19.: Prikaz rezultata simulacijskog modela

Izradio autor

Iz statističkog izvještaja (slika 19) se može precizno iščitati što pokazuje slika 18. Jasno se vidi kolika je prosječna razina zaliha sirovina kroz ukupni period. Prati se minimalno stanje zalihe te je vidljivo da nikad nije nedostajalo sirovina. Također pod

varijablama „Narudžba“ se može za pojedinu sirovinu vidjeti koliko je puta obavljena nova narudžba.

4.5. Analiza performanci logističkih procesa

U prethodnom odlomku 4.4. je simuliran odabrani dio proizvodnog procesa. Simulacija je izvršena za jedan stroj za proizvodnju gotovih proizvoda. Kapacitet stroja je 1000 komada po ciklusu te se tijekom jedne smijene mogu odraditi četiri ciklusa. Kapacitet strojeva za proizvodnju gotovih proizvoda je ujedno i jedino ograničenje u cijelom logističkom sustavu. Cijela proizvodnja u Mlinaru d.d. je bazirana na strojevima. Kapacitet strojeva limitira proizvodnju što stvara usko grlo u cijelom sustavu, ali s druge strane omogućavao plansku proizvodnju. Svaki stroj zahtjeva pripremu sirovina za proizvodnju što je dužnost resursa „Prehrambeni tehničar“ koji također gotove proizvode slaže u kašete koje potom resurs „Skladištar“ odvozi u zonu za otpremu na predviđeno mjesto. Zauzetost tj. iskoristivost radnika na jednom stroju je prikazana na slici 20. te u tablici 8. gdje su još dani odgovori na neka od pitanja koja nam Arena može pružiti ako je model ispravno zadan.

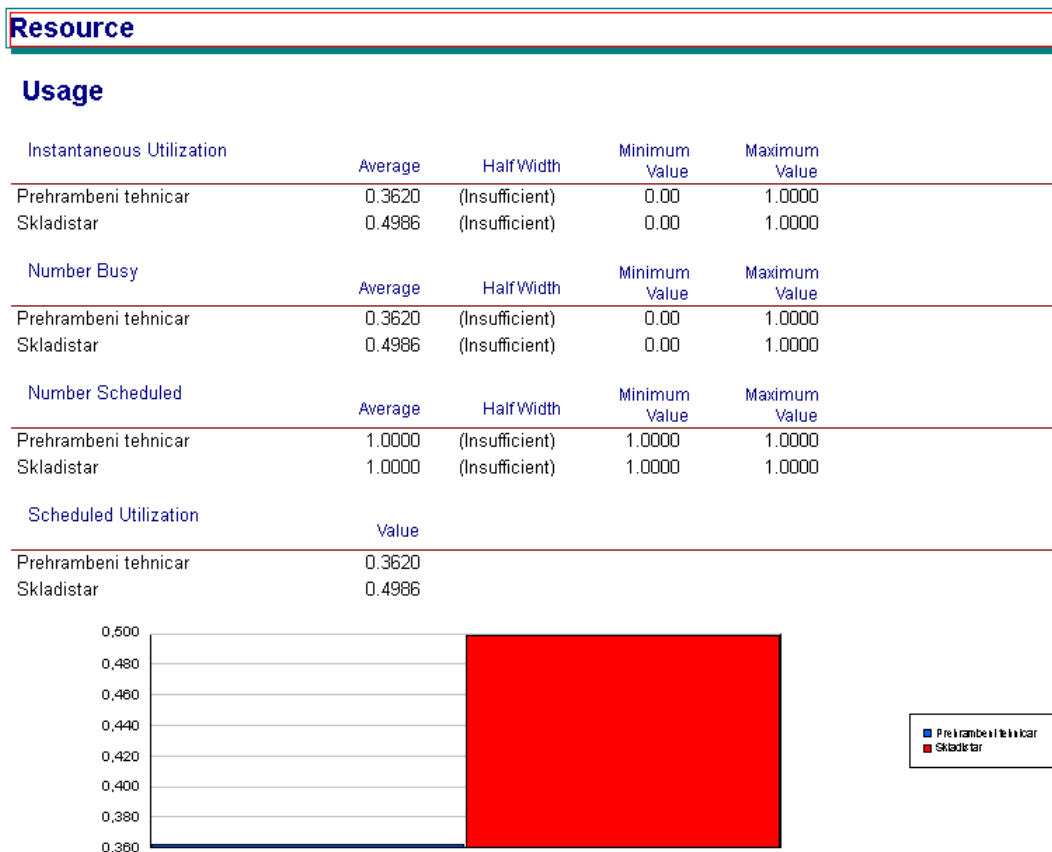
Tablica 8: Obradeni prikaz podataka iz izvještaja

Pitanje	Iz kojeg izvještaja	Odgovor
Iskoristivost resursa "prehrambeni tehničar" na jednom stroju?	Resource (Usage) – Scheduled Utilization	36,2%
Koliki je prosječno stanje sirovina u skladištu?	User Specified, kolona "Average"	Slika 19. varijablje s oznakom "stanje"
Koliki je maksimalno i minimalno stanje sirovina u skladištu?	User Specified, kolona "Maximum value" i "Minimum value"	Slika 19. varijablje s oznakom "stanje"
Koliko puta je napravljena narudžba sirovina, "broj narudžbi"?	User Specified, kolona "Maximum value"	Slika 19. varijablje s oznakom "Narudzba"
Koliko je opterećenje resursa na poziciji skladištenja?	Resource (Usage) – Scheduled Utilization	49,86%

Izvor: izradio autor prema rezultatima simulacije

Faza nabave direktno ovisi o proizvodnji, a jednako tako i skladištenje i distribucija, stoga svi procesi su optimizirani koliko to dozvoljava proizvodnja. Ovakva planska

proizvodnja nudi veliku priliku za optimizaciju svih procesa, ali ima i negativnu stranu. U slučaju povećanja potražnje za mlinarovim pekarskim proizvodima Mlinar d.d. neće biti u mogućnosti odgovoriti na zahtjeve tržišta. Odjel nabave može povećati količinu sirovina na zalihama, skladištni prostori nisu zauzeti punim kapacitetom čak ni u vršno opterećenje prije nego počne distribucija, a i sam proces distribucije može proširiti svoje kapacitete ili kupnjom dodatnih dostavnih vozila ili uzimanjem drugog prijevoznika. Teoretski gledano i proizvodni kapaciteti mogu se povećati uvođenjem dodatne smjene i povećanjem broja ciklusa koje jedan stroj može odraditi, ali to znači da pri proces proizvodnje započeo čak dvanaest sati prije procesa prodaja te u tom periodu izgubit će svježinu i kvalitetu što bi u konačnici dovelo do nezadovoljstva kupaca i smanjena prodaje. Smanjena prodaja bi značila da se također i proizvodni kapaciteti mogu smanjiti jer više nema potrebe da rade dodatnu smjenu. Jedino rješenje koje je primjenjivo u proizvodnim pogonima je proširenje proizvodnje na dodatnim strojevima i otvaranje novih proizvodnih pogona.



Slika 20.: Prikaz rezultata simulacijskog modela zauzetost resursa

Izradio autor

5. ZAKLJUČAK

Logistički sustav kao sustav međusobno povezanih sustava i elemenata omogućuje funkcionalno i djelotvorno povezaivanje djelomičnih procesa u poduzeću, a sve u cilju svladavanja prostornih i vremenskih transformacija materijala, dobara. Komponente i procesi u tom sustavu su mjerljivi i vrlo lako se mogu parametrizirati te kao takvi se mogu opisati u simulacijskom modeliranju. Cilj rada je bio pokazati da je simulacijsko modeliranje koristan alat u donošenju odluka u logističkim procesima te da simulacije mogu ukazati na grešku i prije nego se ona dogodi.

Tvrtke poput Mlinar d.d. na području Hrvatske nemogu si dopustiti da uče na svojim greškama. Učenje na vlastitim pogreškama najskuplji je način učenja te često tvrtke nemaju pravo na pogreške jer bi ih one mogle dovesti do stečaja. Stoga je potrebno osmisлити načine stjecanja iskustva u kontroliranim uvjetima gdje posljedice nisu toliko bolne i skupe kao u stvarnom svijetu. Simulacije mogu biti pravo rješenje navedenog problema. Simulacijama dolazi se do istih rezultata, istih iskustava i znanja, ali u puno kraćem vremenu i s manje novca. Iako su razvojem računala posljednjih nekoliko desetljeća simulacije postale prisutne u svim područjima društvenog života, teorijska razmatranja, još uvijek nisu u značajnoj mjeri sveprisutne u donošenju odluka vezanih za logističke procese a i druge aktivnosti iz drugih područja.

Logistikom je moguće optimizirati tokove dobara i vrijednosti u poduzeću. Svrha logističkog promišljanja svoje uporište ima u racionalizaciji troškova poslovanja odnosno u troškovno povoljnijoj proizvodnji i distribuciji. Baš prilikom optimizacije procesa simulacijsko modeliranje pokazuje dobre rezultate i dokazao se kao koristan alat. U jednostavnom primjeru navedenom u radu je opisan samo jedan proizvodni proces. Kao ulazni podaci korišteni su kapacitet stroja te sirovine korištene za proizvodnju. Sama pojava sirovina u određenom procesu zahtijeva upravljanje zalihama istih sirovina, a količina gotovih proizvoda koji će se proizvesti je vezan za prethodnu potražnju na osnovu koje se može planirati buduća potražnja a samim time se može i planirati zauzetost kapaciteta stroja. Ovdje u jednom vrlo jednostavnom procesu se pokazuje koliku korist može donijeti

posjedovanje simulacijskom modela uz pomoću kojega se na vrlo brz i jednostavan način može provjeriti kako i uolikoj mjeri bi donošenje odluke vezane za proces utjecale na sam proces. U prikazanom primjeru je kontrolirano trenutno stanje u kakvom se nalazi navedeni proizvodni proces. Simulacija je pokazala da način na koji se trenutno upravlja zalihama zadovoljava potrebe proizvodnje te i trenutni kapacitet proizvodnje zadovoljava potrebe prodajnih objekata. Bitno je naglasiti da trenutno stanje zadovoljava potrebe i da nakon što potrebe budu zadovoljene ostaje višak. Spomenuti višak tvrtka s velikom proizvodnjom može smatrati nebitnom stavkom i suviše malim troškom da bi se zamarali sa time. No navedeni primjer je simulacija tek jednog procesa proizvodnje jedne vrste proizvoda za potrebe određeneog područja. Kada bi se simulacijom obradile sve proizvodnje operacije tako da se uključe sve vrste artikala i svi proizvodni pogoni ,taj isti suviše mali trošak bi svojim udjelom i dalje ostao mali, ali bi sada iznosio značajnija financijska sredstva koja su mogla biti ostvarena zarada. Uštede koje bi tvrtka ostvarila boljim upravljenjem zalihama i optimizacijom ostalih procesa iz logističkog područja bi već u prvoj godini poslovanja pokrili troškove izrade jednostavnih simulacijskih modela.

6. POPIS LITERATURE

1. Fošner, M., Kramberger, T.: *Teorija grafova i logistika*, 2009.
2. Buntak, K., Šuljagić, N.: *Ekonomika logističkih funkcija u poduzeću*, Tehnički glasnik, vol.8, no.4, 2014.,
3. Ćosić P.: *Discrete Simulation in Manufacturing*, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2011.
4. Banks J., Gibson R.: *Don't simulate when: 10 rules for determining when simulation is not appropriate*, Industrial engineering, 1997.
5. Milnar d.d., <http://www.mlinar.hr>, listopad, 2015
6. Poslovni dnevnik, <http://www.poslovni.hr/hrvatska/picukaric-s-najmodernijim-pogonom-u-regiji-spremni-docekujemo-konkurent-iz-eu-217365>, listopad, 2015
7. Zagreb.hr - Službene stranice Grada Zagreba, <http://www.zagreb.hr/default.aspx?id=56402>, siječanj, 2016.
8. Peraković D., *Nastavni materijali iz kolegija „Simulacije u prometu“*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2013./2014
9. Extendsim, <http://www.extendsim.com>, rujan 2015.
10. Flexsim, <http://www.flexsim.com>, rujan 2015.
11. Arena Rockwell software, <https://www.arenasimulation.com>, rujan 2015.
12. http://www.tanoti.co.in/delfoi/delfoi_downloads/dassault/DELMIA-QUEST.pdf, 15.listopad, 2015.

7. POPIS ILUSTRACIJA

	str.
Slika 1: Prikaz izrade simulacije u ExtendSim.....	4
Slika 2: Prikaz rade površine FlexSim alata pri modeliranju	6
Slika 3. Primjer proizvodnog procesa u Quest simulacijskom alatu	8
Slika 4.: Dijagram toka nastanka simulacije	14
Slika 5.: Prikaz početnog zaslona softvera Arena	16
Slika 6. Prikaz ikone Create modula	17
Slika 7. Prikaz prozora za određivanje atributa za modul Process.....	17
Slika 8. Prikaz ikone Process modula.....	18
Slika 9. Prikaz ikone Assign modula.....	18
Slika 10. Prikaz ikone Decide modula.....	18
Slika 11. Prikaz ikone Dispose modula	18
Slika 12. Proizvodni pogon tvrtke Mlinar d.d.	23
Slika 13. Logistika skladišta.....	25
Slika 14.: Prikaz modela za simulaciju proizvodnje kruha i kontrolu razine zaliha	27
Slika 15: Prikaz parametara za blok „Pocetak rada“	28
Slika 16 Prikaz parametara modula „Spremanje kasete u skladiste“	29
Slika 17.: Prikaz modeliranja parametara modula po nazivom „Stiglo brasno“	31
Slika 18.: Prikaz promjene razine zaliha sirovina kroz 90 dana.....	32
Slika 19.: Prikaz rezultata simulacijskog modela.....	32
Slika 20.: Prikaz rezultata simulacijskog modela zauzetost resursa.....	34

8. POPIS TABLICA:

Tablica 1. – Komparacija alata na temelju mogućnosti konstrukcije modela, grafičkih sposobnosti alata, te mogućnošću toleriranja pogrešaka	10
Tablica 2 – Komparacija simulacijskih alata na temelju ulaznih i izlaznih karakteristika...	10
Tablica 3. – Komparacija simulacijskih alata na temelju optimizacije, mogućnosti modeliranja, te mogućnošću pristupa određenoj gotovoj simulaciji	11
Tablica 4. – Komparacija simulacijskih alata na temelju vrste modeliranja (diskretni ili kontinuirani sustavi), mogućnošću animacije, izlazne vizualizacije, te 3D animacije.....	11
Tablica 5– Komparacija simulacijskih alata na temelju cijene, te mogućnosti treninga i konzultacije.....	12
Tablica 6: Prikaz ulaznih parametara simulacijskog modela	30
Tablica 7. : Popis sirovina i zemlja dobavljača	30
Tablica 8: Obradeni prikaz podataka iz izvještaja.....	33